

秦淮新河节制闸计算机监控系统

陈振清 ,宦鸿兴

(江苏省秦淮河水利工程管理处 ,江苏 南京 210001)

摘要 :在分析秦淮新河节制闸监控系统功能需求的基础上 ,讨论秦淮新河节制闸计算机监控系统的结构 ;基于 SIMATIC S7-200 系列 PLC ,阐述闸门现地监控单元工程实现原理 ;在简要探讨组态软件的技术内涵后 ,以组态王 6.52 为平台 ,给出了系统人机界面软件结构 ,并强调了开发该软件的技术要点。

关键词 :涵闸监控 ;集散系统 ;监控系统集成 ;秦淮新河节制闸

中图分类号 :TP399 ;TV66 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2008)S1-0144-06

秦淮新河节制闸位于南京雨花区双闸乡 ,闸门数 12 孔 ,每孔净宽为 6 m ,闸总宽为 87.2 m ,闸孔净高为 9.5 m ,启闭机配套电机功率为 7.5 kW ,设计计算流量为 1 100 m³/s ,属秦淮河流域的大型节制闸。该工程自投入运行以来 ,充分发挥了调节洪水、蓄水灌溉、便利通航、发展工农业生产等综合功能 ,经济效益和社会效益十分明显。为提高现代化管理水平 ,江苏省秦淮河水利工程管理处结合秦淮新河节制闸加固改造工程 ,提出了“秦淮新河节制闸计算机监控系统”研制课题。

该研究以可靠性、实用性、先进性、经济性为设计原则 ,采用系统集成技术组建系统。系统硬件采用 PLC、智能模块、智能仪表和工业控制计算机基于网络搭建 ;系统应用软件则基于监控组态软件平台开发。

1 系统功能需求

系统的基本功能是实时监视秦淮新河节制闸运行工况 ,确保其安全、正确地运行 ,并能根据调控指令迅速、准确地完成调控动作。

1.1 数据采集与处理

采集内容 :①12 孔闸门开度 ;②水闸上游水位、下游水位 ;③动力电参数 ,包括电压、电流、功率、功率因素、频率等 ;④开关型状态信息 ,包括 12 孔闸门启/闭动作信号、启闭机保护信号、闸门上/下限位信号及动力电源开关信号、视频电源开关信号、照明开关信号等。

系统在实现数据自动采集的同时 ,还捕获长江高、低潮位及其发生时间 ,并根据闸门开度、水位差计算引排流量及累计过水量。

1.2 控制功能

系统支持现地控制、现场集中控制和枢纽远程控制等三级操作方式。其中 ,现地控制在机旁操作 (仅对单孔操作) ;现场集中控制在节制闸控制室操作 ;枢纽远程控制则在管理处调控中心 (或管理所调控分中心) 操作。控制功能包括 :①对启闭机进行升、降、停单步控制 ;②闸门定开度启/闭控制。既可对单个闸门进行控制 ,也可成组进行控制 (对称启闭) ;③多孔定开度程序控制。根据预先设定的闸门开度和启闭顺序 ,由系统完成程控操作 ;④多孔定流量程序控制。系统根据预先设定的过闸流量自动转换为相应闸门开度后 ,由系统完成程控操作 ;⑤可对动力电源开关、视频电源开关、照明开关等辅助设备集中远程控制。

1.3 图形化人机界面

人机界面主要体现在监控计算机 (或称监控主机) 上 ,提供操作平台。系统在建立监控实时数据库 (含水闸实时工况信息、控制信息、报警信息和历史数据等) 的基础上 ,以图形方式提供友好的人机界面。

1.3.1 工况模拟图

用模拟图表达信息具有直观、形象、易于理解等特点。系统以模拟图方式显示节制闸运行工况 ,包括闸门开度、闸门升降过程、水位、电量及各开关状

态。对于模拟量参数,在图中相应位置还以字符方式给出其定量值。

1.3.2 报警窗

报警窗用于显示系统中的报警信息和事件信息。报警信息包括闸位超限、电量超限、电机保护动作、闸门卡滞和监控系统工作异常(设备通讯错)等;事件信息包括操作事件(修改流量计算系数、修改电量报警限值等)、用户登录事件等。

1.3.3 软操作面板

软操作面板也是模拟图,提供用于控制现场设备的图形按钮组。软操作面板具有操作权限验证、操作正确性验证及系统响应结果反馈等辅助功能。

1.3.4 趋势曲线

趋势是用曲线形式反映过程变量在一段时间内数值变化情况,是控制软件必不可少的功能。趋势分2种:实时趋势和历史趋势。实时趋势数据不被存盘,因而不能按时间翻页浏览;历史趋势数据存在磁盘上,因而可按时间翻页浏览。该系统提供上游水位、下游水位和流量等参量的趋势曲线。

1.3.5 数据报表

数据报表是反映生产过程中的数据、状态,并对数据进行记录的一种重要形式。它既能反映实时生产情况,也能对长期生产过程进行统计、分析,使管理人员能及时掌握和分析生产情况。该系统提供节制闸运行工况实时报表和历史数据查询表。此外,还根据实际需要运行班报表、日报表、月报表及年度报表。

1.4 数据共享

江苏省秦淮河水利工程管理处已建成秦淮河水利枢纽汛情动态网站(后台数据库采用关系式 DBMS Microsoft SQL Server),秦淮新河节制闸作为一个汛情监测点无需再另设测站,只要将该系统实时数据库中相关汛情导出至网站后台数据库即可实现数据共享。

2 系统总体结构

2.1 系统结构

秦淮新河节制闸计算机监控系统结构见图1。系统运行在秦淮河水利枢纽专网和现场总线2个物理网络层次上。前者是枢纽级管理网,数据流为枢纽中心机与现场监控主机之间的管理信息;后者是现场监控网,数据流为现场监控主机与现场各设备之间的工况参数和控制命令。

2.2 枢纽级管理网

秦淮河水利枢纽专网是由秦淮河水利工程管理处、秦淮新河管理所、武定门管理所3个符合 IEEE 802.3u 标准的 100 Mb/s 的高速以太网通过路由器连接而成,基于 TCP/IP 协议运行的专用互联网。

枢纽级管理网是由组态王 6.52(组态软件产品)建立的分布式应用系统,它采用客户/服务器结构。图1中新河闸现场监控主机(以及其他待建的闸、泵现场监控主机)作为服务器端,枢纽中心监控主机和新河管理所监控主机则作为其客户端。在此结构中,客户端本身没有数据库,数据全部集中在服务器端,客户端通过网络服务程序访问服务器端的 I/O 数据(实时监控信息)、历史数据和报警信息。

在客户/服务器结构中,服务器端节点机的处理能力往往影响整个系统性能;客户端节点机由于大部分数据处理均在本地进行,相对负荷较轻,而且某台客户端节点机故障也不会对系统产生很大影响。事实上,组态王支持柔性结构,它可在网络上部署专门的历史数据服务器和报警服务器,而使现场监控主机成为专门的 I/O 服务器,这样处理可有效地改善系统性能。

枢纽专网上的枢纽汛情服务器从现场监控主机导入相关汛情,向专网客户提供 Web 汛情服务。

2.3 现场监控网

秦淮新河节制闸计算机监控系统采用集散系统

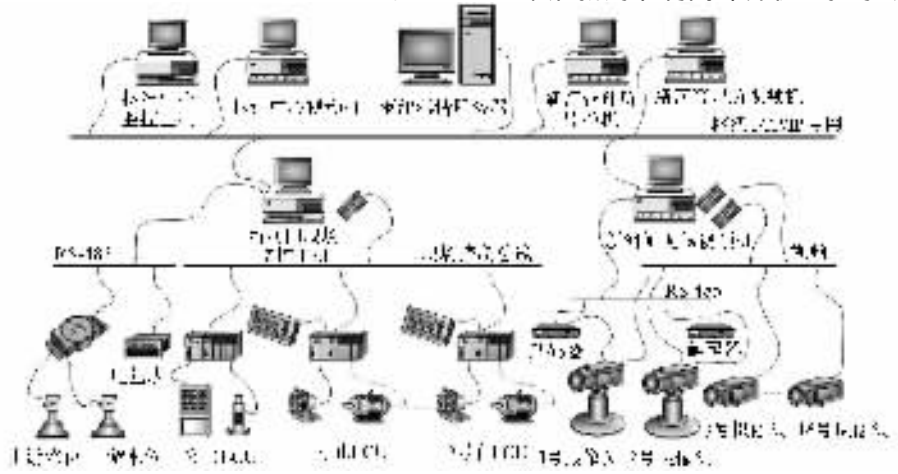


图1 系统总体结构

方案。该方案由位于现场控制室的监控主机对节制闸运行工况进行集中监视、操作、管理,而由 12 台闸门现地监控单元(简称 LCU)对闸门实现分散本地控制。此外,另设一个公共 LCU,用于监控节制闸动力配电设备和降雨量采集。该方案采用物理上的分散结构,就地设置 LCU,不但节省了电缆、减少了传输线路对信号的干扰,而且加快了控制反应速度。以 PLC 组成的 LCU 可靠性相当高,并且,由于其仅控制单门操作,即使发生故障,影响面也小(危险分散),从根本上改善了系统可靠性^[1]。

现场监控网由挂接在现场总线上的监控主机和 LCU 组成。IEC(国际电工委员会)对现场总线的定义是“安装在制造和过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线^[2]”。现场总线以开放系统互联模型(OSI)为基础,实现现场设备数字化和网络化。

该项目采用 SIMATIC S7-200 系列 PLC 实现 LCU。S7-200 支持点对点接口(PPI)、多点接口(MPI)和 PROFIBUS 等多种通讯协议。这些协议基于 7 层开放系统互联模型,通过一个令牌环网来实现,令牌环网遵守 IEC 61158 标准中的现场总线 PROFIBUS。它们都是异步、基于字符的协议,带有起始位、8 位数据、偶校验和 1 个停止位,通信帧由起始和结束字符、源和目的站地址、帧长度和数据完整性校验和组成,只要波特率相同,3 个协议可在网络中同时运行,不会相互干扰^[2]。令牌环网的传输介质使用 RS-485 标准双绞线。

考虑到实用性和经济性,该系统现场监控网采用 MPI 协议。在此方案中,为现场监控主机配一块 CP 5611 通讯卡^[2],该卡具有专门硬件来帮助计算机管理网络,使其获得相当高的通讯速率。系统工作于单主站主/从方式,监控主机为主站,各 LCU 均为从站。系统实际通讯速率可达 187.5 kbit/s。

2.4 现场变送器

秦淮新河节制闸计算机监控系统主要使用水位计、闸位计、雨量计和电量变送仪表等几类现场变送器。

2.4.1 水位计

超声波水位计具有安装方便、无需维护、准确性高等诸多优点。该系统选用天津天威有限公司的 VEGASON 63 型超声波物位变送器作为上/下游水位计。水位计输出为标准 4~20 mA 电流信号,经多通道模拟量输入模块(本例用亚当 ARK-24017F)进行 A/D 转换后,通过 RS-485 通讯口将数据提交给监控主机处理。

2.4.2 闸位计

角编码器(俗称码盘)具有量程宽、线性好、无温飘、寿命长、价格低廉、抗干扰能力强、直接输出并行数字量等特点,有利于信号的传输与处理。因此,该系统采用码盘作为闸位变送设备。码盘的数字量输出直接引入闸门 LCU,由现场 LCU 进行译码和工程值换算。

2.4.3 雨量计

系统降雨量采用翻斗式雨量计获取,它将降雨量转换为时间轴上的电脉冲序列,由公共 LCU 对该脉冲进行计数量化。

2.4.4 电量变送仪表

目前,多功能电量智能仪表使用相当普及。这些设备采用交流采样技术,具有变送、LED 显示和数字通信等综合功能,可直接通过其数字接口(一般为 RS-485/MODBUS 协议)将电量参数引入监控主机。

2.5 视频监控系统

DVR 数字视频监控系统集合了录像机、画面分割器、云台镜头控制、报警控制、网络传输等 5 种功能于一体,是计算机、多媒体、网络等最新技术高度结合的产品。DVR 按系统结构可以分为两大类:基于 PC 架构的 PC DVR 和脱离 PC 架构的嵌入式 DVR。PC DVR 以传统的 PC 机为基本硬件,以 Windows 为基本软件,配备图像采集压缩卡,并编制软件成为一套完整的系统,嵌入式 DVR 是基于嵌入式处理器和嵌入式实时操作系统的嵌入式系统,它采用专用芯片对图像进行压缩及解压回放,由嵌入式操作系统完成整机的控制及管理。

嵌入式 DVR 虽然在稳定性、可靠性和易用性等方面有“专业化”优势,但其技术门槛和资金门槛都比较高。相对于嵌入式 DVR,PC DVR 的优点在于:①存储空间较大(容易扩展硬盘)适宜长时间录像,音、视频能实现大路数;②良好的人机接口和文件管理等,通过鼠标、键盘,只要用过计算机的人都可以很好地进行操作,软、硬件升级比较容易,产品更新快;③网络功能更加完备,出售图像采集压缩卡的商家一般会随卡提供功能齐全的 C/S 模式和 B/S 模式的监控软件;④维修成本比较低,一般的故障都可以通过更换部件进行维修,整机不会报废。

秦淮新河节制闸视频监控系统采用基于工控机的 PC DVR 方案,配置 2 块杭州海康威视 DS-4008HC 视音频压缩卡,共提供 16 路视频信道。配卡工控机置于现场控制室,安装服务器端软件(兼有 Web Server 功能),在管理处及管理所的视频监控机上仅安装客户端软件即可。

秦淮新河节制闸现场设置 2 台全方位彩色摄像

机(配十倍三可变电动镜头),用于对节制闸上/下游场景的监视,每孔闸门上方设置一台定点彩色摄像机(共12台),用于对闸门运行情况进行监视,以确保工程安全运行。另外,在闸室和现场控制室亦各设置一台定点彩色摄像机。

3 闸门现地监控单元实现

3.1 PLC 介绍

IEC 对可编程控制器(Programmable Logical Controller, PLC)作了如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”[2]

该项目采用 SIMATIC S7-200 系列 PLC 实现 LCU。S7-200 系列小型 PLC 以其极高的性能价格比在国内占有很大的市场份额。S7-200 适用于各行各业的检测、监测及控制的自动化,无论独立运行还是连成网络,都能实现复杂的控制功能。另外, S7-200 具有极高的可靠性、丰富的指令集和内置的集成功能、强大的通信能力和丰富的扩展模块。

3.2 闸门 LCU 的硬件结构

闸门 LCU 结构原理见图 2,其主要由 CPU 226 和 TD-200 文本显示器组成。CPU 226 集成了 24 输入/16 输出共 40 个数字量 I/O 点,输入点用来接入闸位计和启闭机状态信号,输出点用来控制启闭机运行。CPU 226 还提供 2 个支持 PPI 和 MPI 通讯协议的 RS-485 通讯口,一个用来接入现场总线,另一个则连接 TD-200。TD-200 可以显示两行,每行 20 个字符(10 个汉字),并提供 8 个由用户自定义的功能

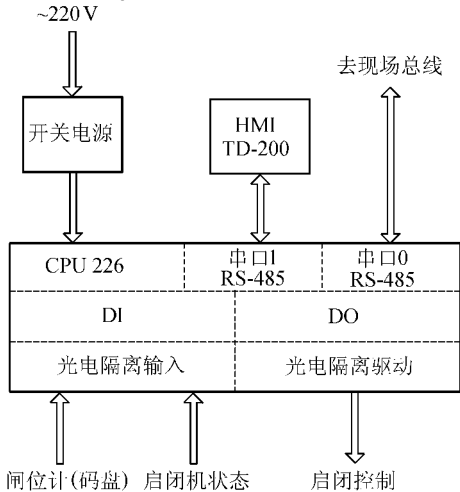


图 2 闸门 LCU 结构原理

键。TD-200 提供机旁操作界面,用以实现机旁闸位显示、参数设定及机旁闸门定开度启闭控制功能。

3.3 闸门 LCU 的软件设计

3.3.1 编程平台

STEP 7-Micro/WIN 是专门为 S7-200 设计的在个人计算机 Windows 操作系统下运行的编程平台。STEP 7-Micro/WIN 的用户程序结构简单清晰,它采用主程序、子程序及中断响应程序的形式组织,即通过一个主程序调用子程序,在中断事件出现时调用中断程序。该平台支持语句表、梯形图和功能块图 3 种形式编程语言。其中,梯形图适合熟悉继电器控制的电气人员使用;功能块图适合于有数字电路基础的人使用;语句表则是指令表,比较适合经验丰富的程序员使用,可更好地表达设计者的算法思想,其编程难度大致位于汇编语言和高级语言之间。

3.3.2 PLC 的工作模式

PLC 采用周期循环扫描、集中输入与输出的工作模式。一个完整的扫描周期包括 5 个阶段:读取输入、执行用户程序、通信处理、CPU 自诊断测试和改写输出。这种工作模式的显著特点是:可靠性高、抗干扰能力强,但响应滞后、速度较慢,也就是说 PLC 以降低速度求得高可靠性。

3.3.3 闸位计(码盘)译码

闸位计译码是闸门 LCU 用户程序开发中涉及的主要算法。闸位计采用循环码编码方式。循环码是一种常用的单位距离码,其特点是:任何一个相邻码组之间仅能有一个码位不同。循环码这一单位距离特性避免在码组转换过渡过程中产生瞬时误码(跳码)。因此,循环码在测量技术中得到了广泛的应用。循环码的一个重要特点是反射性,即它的最高位上的 0 和 1 只变化一次,若在最高位 0 和 1 的交界处设一镜面,则其他各位的编码以镜面为界形成镜像反射。由于循环码的各位没有确定的权值,它属于无权码,也就不能按权展开。关于循环码的译码,虽可运用模 2 加运算规则进行,但工程应用中,结合循环码的反射性采用“查表法”更为简单。

以上讨论了闸门 LCU 的结构原理,公共 LCU 的结构原理与此类似,本文不再赘述。

4 系统 HMI 软件设计

HMI(Human and Machine Interface 人机界面)软件提供系统人机操作界面。该软件运行在监控主机上(硬件环境是工控 PC 机),且为 C/S 方式的分布式结构。该项目界面软件采用监控组态软件作开发平台。

4.1 监控组态软件

4.1.1 监控组态软件概念

监控组态软件是指一些数据采集与过程控制的

专用软件 ,为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能的、通用层次的软件工具。在监控组态软件初期 ,HMI 是其主要内涵。随着组态软件的快速发展 ,实时数据库、实时控制、监控与数据采集、通信及联网、开放数据接口、对 I/O 设备的广泛支持已经成为它的主要内容^{[3]1-2}。

在组态概念出现之前 ,要实现某一任务 ,都是通过编写程序(使用 C、C++ 等)来实现的。编写程序不但工作量大、周期长 ,而且容易出错 ,不能保证工期。组态软件的出现 ,有效地解决了这个问题。

4.1.2 监控组态软件的数据处理流程

图 3 直观地表示出了组态软件目标系统运行时的数据处理流程。其中 ,实时数据库是组态软件的核心和引擎 ,历史数据的存储与检索、报警处理与存储、数据的运算处理、数据库冗余控制、I/O 数据连接都是由实时数据库系统完成的。图形界面系统、I/O 驱动程序等组件以实时数据库为核心 ,通过高效的内部协议相互通信 ,共享数据。通讯组件主要用于构建分布式应用系统时支持多机间的通讯^{[3]10-13}。

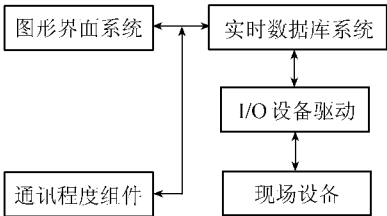


图 3 组态软件的数据处理流程

4.1.3 组态王6.52

该项目组态软件选用组态王。组态王是国产组态软件产品 ,在国内拥有相当的市场占有量 ,目前版本为 6.52。组态王主要特点如下 :

- a. 强有力的安全管理。采用操作权限分级和分区的双重保护策略 ,支持用户组和安全区管理。
- b. 丰富的 I/O 驱动。提供各种 PLC、板卡、智能仪表等设备的驱动程序。

c. 开放性设计。提供 API 函数(动态连接库) ,可自由存取组态王数据 ;支持动态数据交换(DDE) ,可与其他支持 DDE 的应用程序方便地交换数据 ;支持 ActiveX 控件 ,可插入标准 Windows ActiveX 可视控件 ,提供 ODBC 接口 ,实现组态软件与各种关系数据库完整连接 ,全方位地访问数据库 ;全面支持 OPC 标准 ,组态王既可作为 OPC 服务器 ,也可作为 OPC 客户端。

d. 实用的内嵌式报表。内部提供丰富的报表函数 ,可创建多样报表 ,报表可以组态 ,例如 :可组态日报表、月报表、年报表、实时报表等。

e. 强大的网络功能。既支持 Client/Server 模式 ,也支持 Browser/Server 模式。

f. 柔性结构。在构建分布式系统中 ,可将整个应用程序分配给多个服务器 ,这样可提高系统整体容量结构 ,以改善系统性能。

g. 组态王图形开发环境除提供线、填充体、文本、按钮等简单图形对象外 ,还提供趋势图、报警窗、报表等复杂图形对象和列表框、选项钮、棒图等内置控件 ,可有效降低设计人员的组态工作量。

4.2 系统 HMI 软件结构

在组态软件环境下的 HMI 软件是以“画面”组织的 ,用户需求可通过若干幅可调用“功能画面”实现。秦淮新河节制闸计算机监控系统 HMI 软件结构见图 4。主控窗口是调度画面 ,控制各功能画面间的切换。

4.3 系统 HMI 软件设计要点

组态软件由开发环境和运行环境组成。基于组态软件的 HMI 开发工作即是在开发环境下对数据库、画面、报警、I/O 设备、网络、数据报表等做组态 ,通过建立一系列用户数据文件 ,生成最终的图形目标系统 ,供运行环境运行时使用。系统需求中很多功能可以人机对话的方式组态完成 ,但系统的复杂处理必须编制脚本程序完成。例如 ,该课题中的长江潮位捕获、流量计算、过闸水量累积、闸门成组控

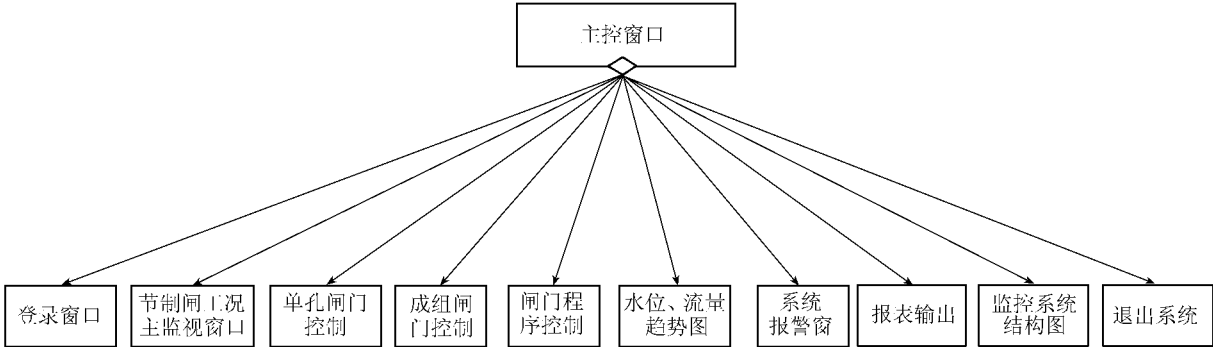


图 4 系统 HMI 软件结构

制、闸门程序控制及对关系式数据库的访问等均由脚本程序实现。

组态软件提供 C 语言编制脚本程序。脚本提供大量的函数和逻辑、算术算符供设计者调用,以扩充组态软件的处理能力,增强其功能。关于脚本程序设计,遵循一般软件开发规律,本文仅强调 3 点:①组态王允许自定义函数(或子程序)。在编程时,尽量将相同功能程序片段组织成函数或子程序(功能模块),这样,既可减少重复代码,又增强了程序的可维护性。②脚本程序可由事件触发调用,可以周期性执行,也可以规定在一定条件下执行,应将脚本程序嵌入预定的响应框架内,才可正确完成相应处理功能。③在所有类型脚本程序中,数据改变动作的优先级最高,以下依次为窗口程序动作、应用程序动作和对对象脚本动作。

5 结 语

该课题实现的秦淮新河节制闸计算机监控系统是秦淮河水利枢纽监控系统的一个子系统。在此基础上,可以增量方式(增量开发模型)实现枢纽其他

泵、闸的监控子系统。

计算机集成制造系统(CIMS)在国际上被称为是 21 世纪组织企业生产的主要模式。CIMS 以信息集成为核心,通过整体优化获得最大效益。用 CIMS 概念和哲理指导建设水利枢纽综合自动化系统,就形成了水利枢纽 CIMS。目前,国内有关研究已对水利枢纽 CIMS 体系结构(分 4 层:远程指挥层、决策调度层、过程监控层及设备控制层)和实现策略作了许多有益的探讨。建立水利枢纽 CIMS,以获得水利枢纽运行的最大效益,是水利枢纽自动化建设的发展方向。

参考文献:

[1] 王常力,廖道文.集散型控制系统设计与应用[M].北京:清华大学出版社,1993:5-8.
[2] 廖常初. PLC 编程及应用[M].北京:机械工业出版社,2006:1,123-140.
[3] 马国华.监控组态软件及其应用[M].北京:清华大学出版社,2001:1-2,10-13.
(收稿日期:2007-01-18 编辑:方宇彤)

(上接第 143 页)

a. IP 限制访问。IP 限制访问是 Web Service 服务器常用的安全技术。每当一个 Web 请求被服务器收到,服务器就会将请求的 IP 地址与安全 IP 地址列表进行比较,如果请求的 IP 属于安全 IP,则进行下一步的处理,否则,拒绝服务。

b. 验证授权。Web Service 部署和发布以后,任何知道该服务 URL 的人都可以使用。因此,必须采取措施来确保 Web Service 的安全,以便只有被授权者才能使用它们。因此,可使用 SOAP 报头(XML)来发送认证信息(作为命令的一部分),只有合法用户才能访问该服务。

c. 协议加密。Web Service 使用 SOAP 协议,SOAP 协议底层采用 HTTP 或者其他常见协议,防火墙对这些协议十分友好,如果黑客发现了 Web Service 的漏洞,只要向服务器发送简单的 XML 文本即可进行攻击,这样 HTTP 的安全性直接影响了 Web Service 的安全性。因此,可以采用 128 位的 SSL 对 HTTP 协议进行加密,确保 Web Service 的安全性。

3 结 语

笔者将 Web Service 技术应用到水利枢纽的水

信息服务系统中,实现了基于 Web Service 的水信息服务系统。该系统具有良好的跨平台性,可以通过 HTTP 协议进行远程调用,实现多部门、跨地区的合作交流和调度管理,这些都是传统水信息服务系统所无法比拟的。但系统的 Web 服务标准的制定、Web 服务安全的建立都是需要进一步研究的重点。

参考文献:

[1] 赵晓虎,田川,韦中亚.中国水利信息化现状及解决方案[J].南水北调与水利科技,2003,(2):26-28.
[2] 徐立中,李臣明,王建颖.信息与系统集成技术及应用[M].北京:科学出版社,2006.
[3] WANG Jian-ying, XU Li-zhong. A water control project dispatcher monitoring system based on .NET and animation[J]. Dynamics of Continuous Discrete and Impulsive Systems-Series B-Applications & Algorithms, 2005,1(Sp Iss):501-506.
[4] ERL. Thomas Service-oriented architecture: concepts, technology and design[M]. Indiana: Prentice Hall PTR, 2004.
[5] CERAMI E. Web services essentials[M]. California: O'Reilly, 2003.
(收稿日期:2008-05-23 编辑:高建群)